連載 オーディオ計測の散歩道

2音法を利用したオーディオ測定

(12) コーン各点での応答の比較

■小倉幸一■

2音法で，数も実のうちと機材を総動員して実験をしてきました．振り返ってみると，コーンの直径線から右半分のみのデータとりに集中してきました．今後，左半分との対称性などを見ていきたいと思っていますが，これまでの実験でフにおちない現象がいくつかあります．たとえば，バースト波でのON/OFF時のコーンの振動波形がマイク波形には出てこない．などです．そこで今回はこの補足実験をしてみます．

f_0の誘起

入力信号をi_0で代表させ，これを一定値に保ちながら，レスポンスを見ていきます．

補足ついで，または再現性の実証のためにも，もう一度スピーカ入力を確認しておきます．

いままでと同じ条件での音出しで，スピーカ入力パワーを測りました．波形測定(P―P)からrmsへの換算で，周波数は500 Hz，信号源はピップ波です．

- ボイス・コイル端子電圧：2.12 V ($6\ V_{P-P}$)
- ボイス・コイル電流（0.1 Ω端電圧)：0.35 A ($1\ A_{P-P}$)
- 入力電力：$0.7\ W_{rms}$

このときのスピーカ前8 cm（エッジ前）での音圧は85 dB（絶対値）です．ただし，この音圧はメータの読みですから，波形はピップ波から連続数に変えての実験です．

メータの読み：12 dB
メータ・レンジ：60 dB
レンジ・マルチプライヤー：×1 (0 dB)
マイク・ヘッド：
コレクタ・ファクター　13 dB
トータル：　85 dB

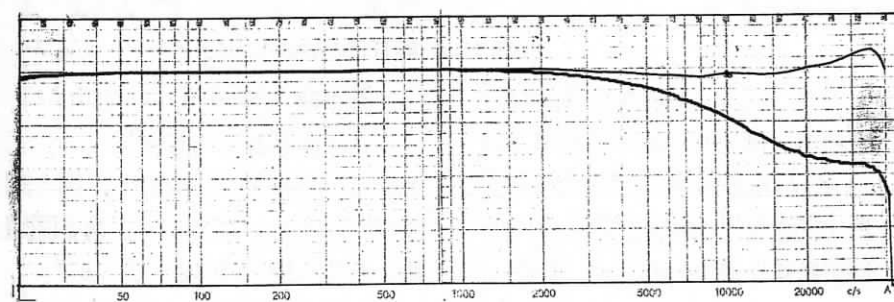
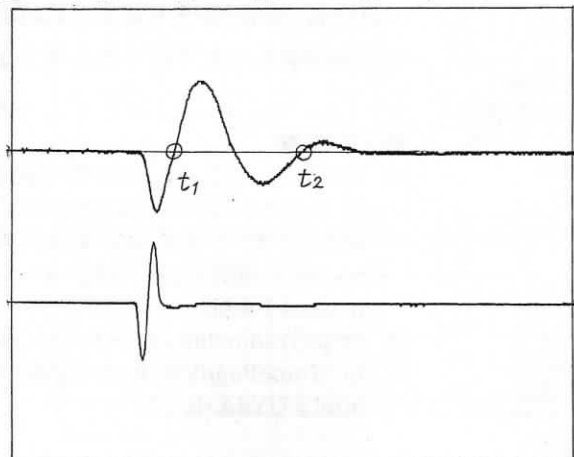
参考までに，マイク・ヘッドのf特性を**第1図**に示します．

スピーカのドライブ波形は500 Hz単発，i_0は$1\ A_{P-P}$です．

第2図がコーン中心点のレスポンス（レーザー検出）です．変位は，$99\ \mu m_{P-P}$です．

入力外の波形として，図中t_1〜t_2をピックアップすれば90 Hzに相当し，4月号第3図（F特）のf_0とも一致します（**第3図**)．

基本的なf_0の誘起が確認できましたが，振幅の計測をしてみます．レーザー変位計のレンジは±0.5 mmで大振幅は測れませんが，この場合シフト法により測定しました．

シフト法とは筆者の場合，**第4図**のように振幅の測定したい部分の変位計出力を記録しておき，つぎに振動を止めて，変位計の出力を0にリセット，続いて変位計ヘッドをマイクロメータ付のステージで先ほどの出力値が得られるまで移動させます．このときの移動量は変位計のディスプレーに表示されていますか

▲〈第1図〉
使用したB&Kマイクの周波数特性

◀〈第2図〉
500 Hz単波でのコーン中心のレスポンス．f_0波が誘起される

ら，これで振動の振幅値を知ることができます．

最初のP-P値を記録しないで信号をオシロ上シフトさせることも考えられますが，変位計出力値がチラチラして読みとれません．というのも，この変位計は高速サンプリング(50 kHz)をしており，振動の瞬時値を表示しているからです．これはシフト法でのある意味での欠点で，シフト中，または固定中でも机，床など振動をひろって，値が一定しません(対スピーカとの相対間隔が変化する)．

ここで登場するのが，毎度おなじみのアベレージ法です．具体的には1040回にしました(最高131000回)．アベレージ法も計測の中では定住しましたが，当初ノイズ以下の信号は測定できないという原則で，あきらめていたものでした．

この技法の実用期の当初(製品化)は医学系での応用，と筆者は理解しています．生体計測の場合，脳波等の計測記録で，不要といって心臓を止めるわけにはいかないわけです．生体活動にともなって，心臓，筋肉からの電気信号は随時体表内外面をとおして混じり合っているわけで，この中から，脳波の信号だけをピックアップしなければならない必要性があり，アメリカはMITで開発され，商品化がなされたものです(CAT 400 "Computer of Average Transients" TMC製)．筆者は，日本で最初にこれの活用にたずさわりました．

〈第3図〉テスト・スピーカの周波数特性

また，レスポンスをピックアップする電極の抵抗が数10 MΩ～100 MΩもあり，ハムとの戦いでもあった実験でしたが，アベレージ法でだいぶ救われました．というのは，ハムの場合ノイズとはいえ周波数は安定しており，ノイズも育ってしまうわけです．こんな場合，刺激の繰り返しの方を少しランダムに変化させたりもしました．

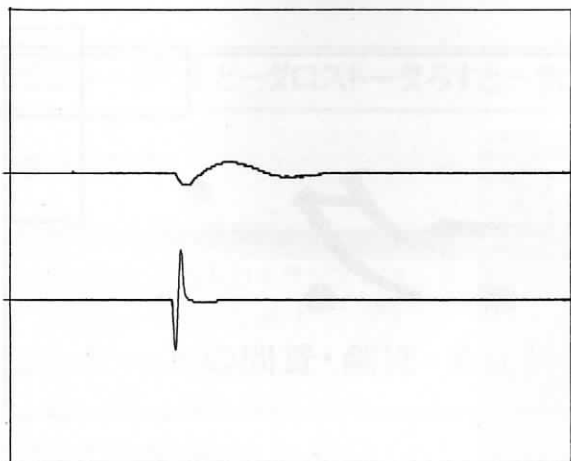
先月号では佐藤勝氏がアベレージング効果として引用されていましたが(P.47)，計測の世界のみならず，何かのヒントになったことは喜ばしいことです．

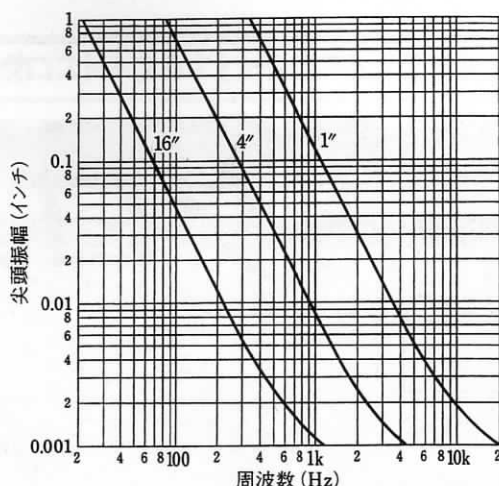
500 Hz単発波による f_0 の誘起がコーン中心で確かめられましたので，続いて周辺部で別の周波数についてみてみます．

第5図は**第2図**に対する周辺(C 2)におけるレスポンスを中心部のレスポンスと並べたもの(A)，i_0 との対応で並べたものが(B)です．

全景を眺めれば同じといえますが，さらに**第6図**で両者のリサージュをとってみます．位相のズレのないことが確認できます．

なお，C 2の振幅は，リサージュのためLに合わせて少し大きくしてあります．静電法のキャリブレーションにより振幅の絶対値はC 3(エッジ寄り)においてLより35%下がっています(f_0)．そのC 3での波形を**第7図**に示します．**第8図**が**第7図**の両者によるリサージュですが，同

〈第4図〉シフト法での振幅(P-P値)の確認法．(A)ではオシロと変位計表示，(B)ではオシロとマイクロメータを使う

◀〈第9図〉
1kHz 単波を入れても f_0 波を生じる

〈第10図〉▶
スピーカーの入力周波数と振幅の関係

として少し経時変化をおってみます（ころんでもただはおきない……，ただではおきないでなく）．

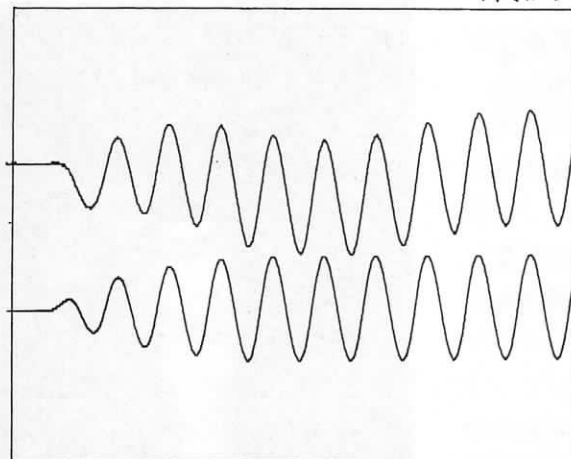
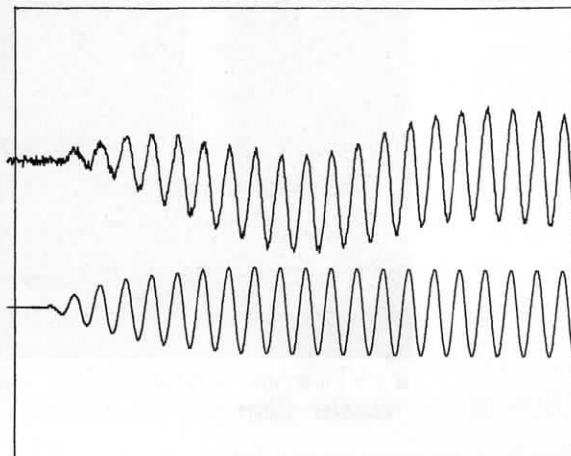
実験が中断された形ですが，ある意味では，別スピーカでやってみよ！とのことかもしれませんし，早速別スピーカの設定にかかります．

2音法も，ミックスして複合音として使い始めましたが，音源としては現実離れです．楽音の再生を波形で追った場合，混入音の影響をコーンの動作上でどう受けるか，そんなことを考えているところで，TV 通販でおもちゃの電気楽器が売られているの見て，購入しました．

ビクトロンからも楽器音はとれるのですが，他信号との同期が取れません．今回購入（7800円）したものは，巻物風になっているピアノ鍵盤を叩くとそれらしき音が出るというもの．持ち運びできる電子複合音で，鍵盤を叩くと再現性よく楽器のそれらしい音色と波形が得られ，鍵盤に従った周波数変化もあるという，筆者にとってもいいオモチャになりそうなものです．

筆者のオモチャとしては，手で叩く代わりにスイープと同期して，オシロに任意の位置に必要な時間だけ音出してほしいので，電磁石で叩くことにしました．筆者はそう鳴っていては困るので，その信号をエレクトロニック SW でエンベロープに傾斜をつけて切り出し，楽器音のピップ波をつくりました．複雑な波形のレスポンス・チェックに使おうと思っています．

●参考文献
「オーディオ工学（下）」坂本節登著　誠文堂新光社　P.122

◀〈第11図〉
547 Hz ピップ波(下)に対するコーン中央の応答波

〈第14図〉▶
周波数対振幅の実測特性の関係

◀〈第12図〉
入力を倍の値 1kHz にしたときの応答

〈第13図〉▶
入力約 2kHz のときの応答